

DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA ESPACIAL A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE CAD EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

DEVELOPMENT OF SPATIAL INTELLIGENCE FROM THE UTILIZATION OF CAD SOFTWARE IN TEACHING DESCRIPTIVE GEOMETRY

Juan Manuel Argüello Espinosa

Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga (Colombia)

Resumen

Este artículo presenta cómo la aplicación pedagógica del *software* CAD en la asignatura geometría descriptiva, propició el mejoramiento de la capacidad de percepción espacial entre los estudiantes de los seis programas académicos ofertados por la Escuela de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana, UPB, Seccional Bucaramanga.

La metodología permitió, mediante el uso de un *software* CAD, estimular la inteligencia espacial de los jóvenes de primer semestre y, por tanto, mejorar la comprensión y resolución de problemas que implican la descomposición en sus diferentes dimensiones para el planteamiento y solución matemática. De igual manera, facilitó el entendimiento y el aprovechamiento de la geometría descriptiva.

Los resultados de esta investigación evidenciaron un aumento del 23% de la población estudiantil analizada que superó satisfactoriamente la asignatura; así mismo, enriqueció la percepción y análisis de situaciones espaciales aplicadas a problemas de ingeniería. Lo anterior, se reflejó en el índice de deserción estudiantil durante el ciclo básico de ingenierías, el cual disminuyó 14%.

Palabras clave: CAD, CAE, CAM, *software*, dibujo de ingeniería, inteligencia espacial

Abstract

The paper presents how the pedagogical application of CAD software in the descriptive geometry course, led to improvement spatial perception ability within the students of six degree programs offered by the School of Engineering at the Universidad Pontificia Bolivariana, UPB, Bucaramanga.

The methodology allowed, through the use of a CAD software, stimulate the spatial intelligence of young people from first semester and therefore improve understanding and resolution of problems

that involve the breakdown in their different dimensions for the approach and mathematical solution. Similarly, facilitated the understanding and leveraging of descriptive geometry.

The results of this research showed an increase of 23% of the student population tested that successfully passed the course, likewise, enriched perception and analysis of spatial situations applied to engineering problems. The above was reflected in the student desertion index during the basic cycle of engineering, which declined 14%.

Keywords: CAD, CAE, CAM, software, engineering drawing, spatial intelligence

Introducción

Gardner (1996) considera que no existe una inteligencia general, sino una suma de aspectos múltiples que se pueden modificar o potenciar mediante los estímulos adecuados. Estos estímulos, aplicados en momentos claves del desarrollo humano, pueden aumentar las diferentes inteligencias de manera independiente y, al mismo tiempo, concatenada.

Las inteligencias actúan de forma específica pero, como es evidente, son parte de un todo funcional. Dentro de un contexto establecido por restricciones genéticas, éstas son susceptibles de estimular y potenciar, especialmente en los primeros años de vida, teniendo en cuenta que las fibras nerviosas, capaces de activar el cerebro, tienen que ser construidas.

La especialización de cada uno de los hemisferios del cerebro inicia su construcción en la infancia y

continúa en la adolescencia, por tanto, a partir de la educación secundaria y especial. Luego, por medio de los estímulos adecuados proporcionados en la educación universitaria en los primeros semestres, conocido en la formación ingenieril como ciclo básico, es posible estimular y aumentar las habilidades que potencien las inteligencias adecuadas para el mejoramiento del desempeño académico y profesional en la ingeniería seleccionada por el estudiante.

La inteligencia espacial describe la capacidad de visualizar espacialmente el entorno y conseguir transformaciones a partir de estas percepciones. En ésta intervienen la sensibilidad al color, líneas, formas, configuraciones y espacio, así como las relaciones entre estos elementos. También, incluye la capacidad para visualizar y para representar visual o gráficamente las ideas en su contexto espacial, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de tabulación de la inteligencia espacial

	Destaca en	Le gusta	Aprende mejor
Inteligencia Espacial	Lectura de mapas, gráficos, dibujando, haciendo laberintos, haciendo rompecabezas, imaginando cosas, visualizando	Diseñar, dibujar, construir, crear, soñar despierto, mirar dibujos	Trabajando con dibujos y colores, visualizando, usando su ojo mental, dibujando

La geometría descriptiva en la formación ingenieril

La transición de la prehistoria a la historia se dio desde el mismo momento en que el ser humano produjo representaciones gráficas para expresar ideas o dar a conocer información. Estas expresiones evolucionaron en fotografías, pinturas, letras, dibujos, etc., enmarcadas en el mundo bidimensional: los objetos, o todo lo percibido a simple vista por el ojo humano, se manifiesta como imágenes lisas.

El hombre habita en un mundo tridimensional y tangible en el que los objetos tienen ancho (Δx), alto

(Δy) y profundidad (Δz). Todo lo que se ve alrededor se puede tocar y tomar entre las manos; cuando un elemento se cambia de posición, siempre se verá diferente ante los ojos humanos a pesar de que dicho objeto no sufra modificaciones: se verá más pequeño o más grande y un mismo objeto (forma) podrá revelar distintas figuras.

El matemático e ingeniero francés Gaspard Monge (1746 – 1818), en el siglo XVIII, desarrolló un sistema para la descripción gráfica de objetos sólidos usando dos planos de proyección en ángulo recto. Este sistema es denominado geometría descriptiva y permite la

representación gráfica de objetos en forma exacta y sin ambigüedades, las cuales reciben el nombre de proyecciones ortográficas.

Según Sharma (2005), la geometría descriptiva tiene como propósito la representación de la forma, las dimensiones y la posición de los objetos, en concordancia con las necesidades de las distintas especialidades de ingeniería y arquitectura; esta materia alcanza mayor complejidad al intentar establecer una relación entre el espacio (tridimensional) y el plano (bidimensional).

Para llegar a asimilar (entender – conceptualizar – representar mentalmente) un objeto tridimensional en su totalidad es necesario observarlo desde distintos ángulos (punto de vista, que se relaciona directamente con la posición del observador), y a diferentes distancias (aunque en geometría descriptiva se considera que el observador se encuentra en el infinito). Al tener todas las vistas posibles, guardadas en la memoria, se acomoda el objeto mentalmente y se construye una imagen tridimensional de este.

Dentro de los conceptos básicos de lateralidad enseñados a los niños de preescolar se encuentra la ubicación espacial (derecha – izquierda, arriba – abajo, adelante – atrás), conceptualización que es muy clara para los estudiantes que inician su formación universitaria.

Paradójicamente, cuando se enfrenta el *mundo real*, tridimensional, y se intenta dibujarlo en el *mundo de la representación humana*, bidimensional, se encuentran grandes dificultades en la concepción espacial (tridimensional) en un ambiente bidimensional (tablero – hojas – planos).

En este escenario, interviene la geometría descriptiva como base del dibujo ingenieril para mostrar, reproducir y elaborar industrialmente la creación humana, mediante la combinación del diseño y la capacidad abstracción. Todo ello requiere de un elaborado ejercicio de discernimiento y el desarrollo de habilidades comportamentales para el trabajo en grupo.

Las continuas discusiones sobre la enseñanza de las distintas temáticas de la ingeniería giran sobre los siguientes aspectos: lo que los estudiantes deben aprender, las capacidades de estos, los saberes que una buena práctica demanda, las nuevas herramientas que

pueden ser utilizadas para mejorar la educación y el rol de las tecnologías modernas: el uso de computadoras, dispositivos móviles o Internet.

Casi el 100% de los estudiantes que acceden a la educación superior poseen un manejo espacial adecuado (cierto y se da por sentado). Según el Ministerio de Educación Nacional, en la Serie de Lineamientos Curriculares para Preescolar, esta formación podría avanzar mediante la comprensión de la lateralidad y la motricidad fina y gruesa desde los primeros años de formación escolar.

Sin embargo, en niveles más avanzados, la formación en dibujo técnico, o solo dibujo, se reduce a dos horas semanales, lo que disminuye la capacidad de integrar el mundo real, que funciona (en tres dimensiones), con el mundo de la representación humana (bidimensional).

Así, entre los años 2003 y 2008 los docentes se enfrentaron a estudiantes cuya formación preescolar, básica y media involucró el dibujo como formación artística y no representativa o interpretativa de los objetos en relación con el entorno.

Por tanto, estos jóvenes no trabajaron con el dibujo técnico, materia que, junto a la expresión corporal y artística, proporciona el desarrollo de la inteligencia espacial que poseen marineros, ingenieros, cirujanos, escultores y arquitectos, como lo plantea Guerrero (2008).

Una persona que desea ser ingeniero debería apropiarse el lenguaje espacial. Por ende, con la adecuada capacidad motriz y de orientación se supone que los estudiantes tienen claro el posicionamiento espacial y la interpretación de los objetos en el mismo. La gran dicotomía surge cuando se intenta llevar un objeto a dos dimensiones; así, esta interpretación de la imagen hace necesaria la construcción de conceptos tridimensionales, en un espacio bidimensional, amarrada a la conceptualización de las dimensiones y las posiciones en el sistema ISO.

Por otra parte, es menor el número de estudiantes con formación técnica industrial que se matriculan en los programas de ingeniería, lo que presupone un conocimiento medio-alto en el manejo y posicionamiento espacial.

Los dos casos anteriormente expuestos constituyen un desafío metodológico para el docente, ya que

debe estructurar la asignatura de tal manera que se ajuste a las necesidades, debilidades, fortalezas y particularidades de los grupos en mención.

La asignatura de geometría descriptiva es la encargada de enlazar los contenidos espaciales con las aplicaciones ingenieriles generales y específicas. Además, refuerza y potencia la inteligencia espacial, con lo cual es posible percibir imágenes externas e internas; recrearlas, transformarlas o modificarlas; recorrer el espacio o hacer que los objetos lo recorran y producir o decodificar información gráfica. Lo anterior, facilita a los estudiantes aprender, mediante gráficos, cuadros y esquemas, la inteligencia lógico matemática que es fundamental en la formación específica de los campos de acción en las ingenierías.

En el año 2008, el Departamento de Registro y Control en la UPB Bucaramanga, encontró que el porcentaje de pérdida y deserción en la materia geometría descriptiva se duplicó un periodo de 5 años. Por tanto, se hizo necesaria implementar una estrategia que disminuyera esta situación.

El software CAD en aplicaciones ingenieriles

El *software* CAD (Computer Aided Design) fue desarrollado para facilitar, a ingenieros, arquitectos y diseñadores, la concepción, diseño, modificación y construcción de piezas, sistemas y máquinas en distintos campos y áreas del quehacer humano.

A principios de los años 60, Iván Sutherland inventó el primer sistema gráfico CAD, en los laboratorios del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT por sus siglas en inglés). Por el alto precio hardware necesario, solo algunas compañías del sector automotriz y aeronáutico implementaron este tipo de *software*.

Durante la década de los años 70 el programa comenzó su migración de la investigación pura hacia su uso comercial, aunque todavía el *software* fuera desarrollado por grupos internos de grandes fabricantes de automóviles y la industria aeroespacial.

Ejemplo de ello fueron los desarrollos realizados por compañías automotrices, y algunas empresas de construcción de aviones.

En los años 80, el empleo del CAD se generalizó en el sector industrial. Lo que había comenzado como un

tema de investigación fue floreciendo comercialmente con el avance de los computadores, y se convirtió en una dura competencia entre diferentes firmas.

A partir el año 1990, la industria del CAD generó un volumen de mercado de miles de millones de dólares. En la actualidad, la mayoría de los CAD no se limitan al dibujo, modelamiento y ensamble tridimensional de elementos mecánicos; incluyen, además, componentes de simulación y diseño ingenieril (CAE) e interacción con sistemas de control numérico (CAM). Esto posibilita al usuario interactuar con la pieza, sistema o máquina, desde el momento de su concepción hasta la fabricación y postproceso de la misma (Sistemas PLM).

Metodología

Los paquetes CAD se incorporaron a la asignatura geometría descriptiva a partir del año 2008, para proporcionar, de manera fácil e intuitiva, la comparación de las diferentes representaciones espaciales según el posicionamiento del observador (vistas) y, con ello, alcanzar una mejor comprensión y abstracción de lo tridimensional hacia lo bidimensional.

Los CAD presentan versatilidad; combinan en un mismo instante la teoría, basada en las normatividad y simbología presente en las diferentes librerías y aplicaciones; los ejemplos disponibles en tutoriales sencillos e intuitivos sobre las temáticas y aplicaciones ingenieriles del software; y los ejercicios, a partir de la propuesta propia y de la dinámica de clase de los docentes del área de dibujo de ingenierías, de la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) Bucaramanga.

En la UPB Bucaramanga, estos *software* apoyan la enseñanza de la geometría descriptiva, pues presentan herramientas de modelamiento tridimensional y dibujo bidimensional donde se puedan apreciar y diferenciar los diferentes elementos espaciales (puntos, líneas, planos y volúmenes), establecer un paralelo y hacer un análisis comparativo con respecto a la conceptualización, visualización y dimensionamiento por parte del estudiante de ingeniería en los proyectos de clase y su posterior desarrollo profesional.

La metodología propuesta se basó en tres aspectos principales: la teoría, los ejemplos y los ejercicios.

En la teoría se proporcionó la información básica de la técnica a enseñar; en los ejemplos se mostró detalladamente el proceso de solución del problema planteado para que los estudiantes formaran adecuadamente la resolución de los mismos en el esquema

óptimo, y en los ejercicios, con ayuda del computador, los solucionaron parcial o totalmente a través de algunos ejercicios de aplicación relacionados con el método presentado.

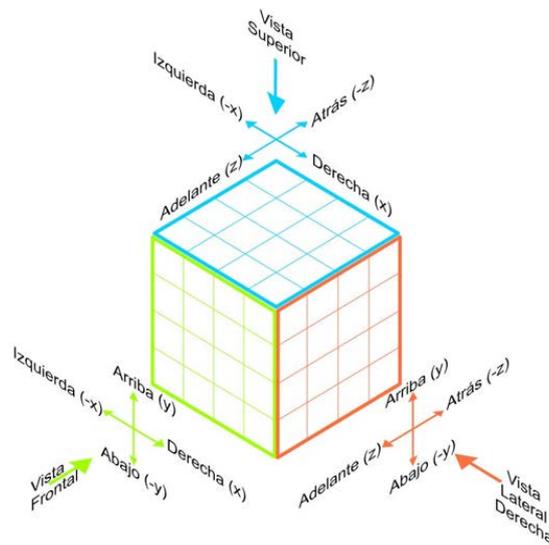


Gráfico 1. Visualización espacial de las vistas principales en el sistema de representación ISO Americano
Fuente: Autor

Mediante la representación isométrica de un cubo, en el cual se muestran las tres dimensiones del espacio (ancho, alto y profundidad) en las componentes cartesianas, se expuso la conceptualización para que los estudiantes hicieran la transición de lo tridimensional a lo bidimensional (Gráfico 1).

El propósito fue facilitar a los jóvenes abstraerse del mundo real y presentarlo en un plano, tablero, computador, etc., e interpretar esquemas, diagramas y planos, a los que se vieron enfrentado posteriormente, así como relacionar los conceptos espaciales, matemáticos y físicos presentes en su formación y en su vida profesional.

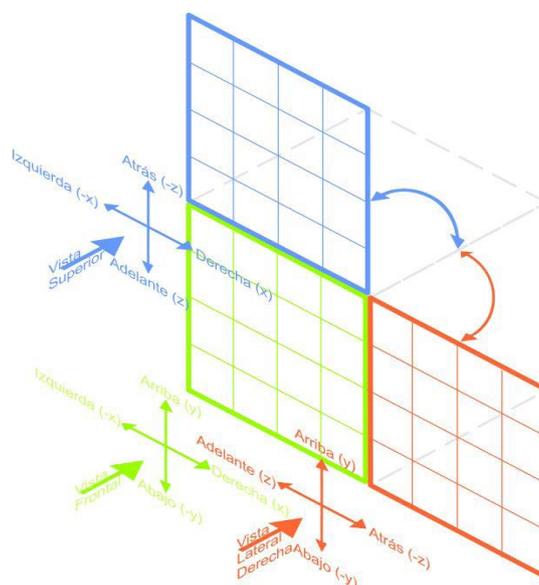


Gráfico 2: Conceptualización del desdoblamiento del cubo – Paso de 3D a 2D – Sistema ISO Americano
Fuente: Autor.

La transición del mundo real (3D) al mundo de la representación humana (2D) exige al estudiante de ingeniería la combinación de varios elementos conceptuales (vista representada – posición del

observador – dimensiones presentes), para crear y entender la situación del objeto representado, en cuanto a sus propias características y a su relación con los objetos que lo rodean (Gráfico 2).

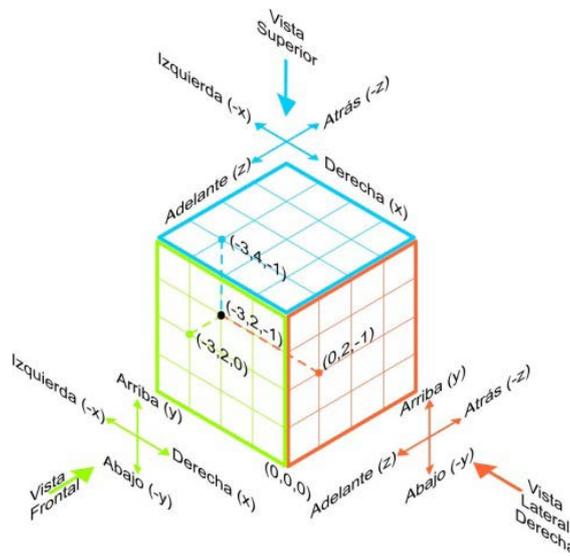


Gráfico 3. Representación en las tres vistas principales del sistema ISO Americano de la posición de un punto en el espacio dentro de un cubo isométrico
Fuente: Autor.

Los estudiantes analizaron un elemento ubicado en el espacio, siendo el más simple un punto (Gráfico 3); debían tener clara la situación de éste en una vista y su situación en las demás, de tal forma que pudieran integrarlas, crear una posición única espacial de dicho punto y relacionarla con elementos referentes (cero coordenado) y otros puntos.

Esta interpretación espacial estableció las bases para la interpretación y análisis de conceptos y problemas matemáticos y físicos, como la descripción de incógnitas en una ecuación o la conceptualización de la posición de un vector fuerza.

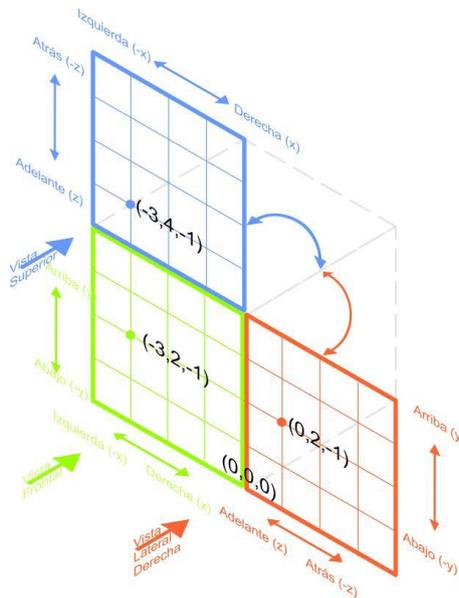


Gráfico 4: Representación en las tres vistas principales del sistema ISO Americano de la posición de un punto en el espacio, desarrollo del cubo para ser visualizada la transición de 2D a 3D
Fuente: Autor.

La correcta interpretación espacial de un punto en el espacio permitió al estudiante avanzar conceptualmente hacia la concepción y representación espacial de una línea, luego a un plano y, por último, a los

volúmenes, que son realmente elementos tangibles en la realidad que enfrentará el ingeniero en su desempeño profesional (Gráfico 4).

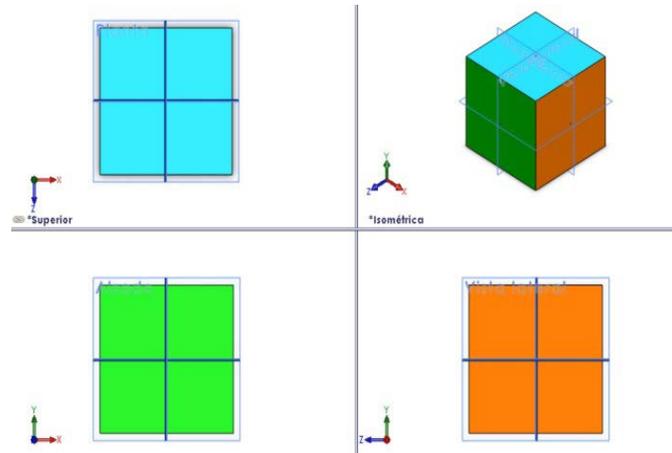


Gráfico 5. Representación del cubo isométrico en un paquete CAD, donde se visualiza al mismo tiempo la representación bidimensional y tridimensional

Fuente: Autor.

El manejo versátil que presentan diferentes *software* para ingeniería (Software CAD) hicieron posible un acercamiento a la realidad tridimensional en un ambiente bidimensional (pantalla del computador). El

estudiante, de forma interactiva, pudo manipular los modelos en tiempo real, lo mismo que visualizar en la misma pantalla el sólido –volumen tridimensional– y sus correspondientes vistas bidimensionales (Gráfico 5).

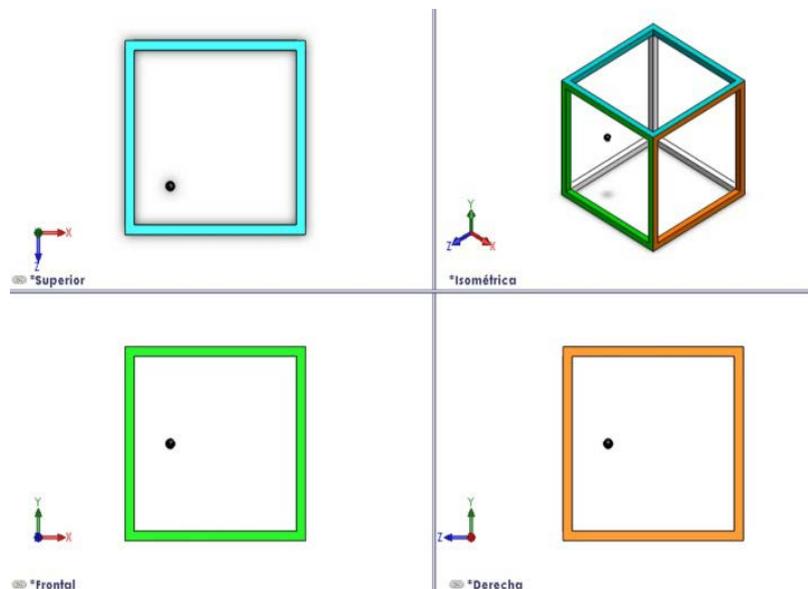


Gráfico 6. Representación de un punto en el espacio dentro de un cubo isométrico en el sistema ISO Americano

Fuente: Autor.

La representación e interpretación de un punto se hizo más clara al momento de visualizarlo y relacionarlo en un mismo instante (gráfico 6), al igual que se

pudo manipular el diseño para observarlo desde todos sus puntos de vista. Esta posibilidad la ofrecen los *software* CAD actuales con lo cual la interpretación

de elementos muy simples – un punto en el espacio – e incluso la concepción de una pieza mecánica, sistema o máquina se hizo más tangible para los estudiantes de ingeniería, quienes pudiendo manipular, de manera virtual, diversos objetos tridimensionales representados en el paquete CAD seleccionado.

La versatilidad de los *software* CAD disponibles en el mercado, no solo posibilitan la representación e interpretación de piezas, sistemas o máquinas de tipo mecánico, electrónico, mecatrónico, de transporte de fluidos, etc., sino que también presentan herramientas de simulación, movimiento, renderizado, análisis mecánico (CAE), e ilustración de planos normalizados.

Con lo anterior, se logra el total control y entendimiento, por parte del estudiante, de cada uno de los pasos de concepción, diseño y desarrollo de los mismos, ya que en algunos casos podemos entrar a

considerar hasta los materiales de fabricación y, a partir de tablas teóricas estandarizadas, establecer el comportamiento físico de cada uno de los componentes dentro un montaje y su representación (planos) para la fabricación y el ensamble.

Resultados

Los resultados de encuestas realizadas a los estudiantes de la Escuela de Ingenierías mostraron que, en un gran porcentaje, consideraron que la metodología tradicional de enseñanza de la geometría descriptiva, a partir de la repetición de conceptos y ejemplos plasmados en textos, hacía difícil el aprendizaje; no se podían manipular virtualmente los ejemplos y situaciones espaciales, lo que sí se puede realizar usando un *software* CAD (Gráficos 7 y 8).

¿Considera adecuada la metodología tradicional de enseñanza de la Geometría Descriptiva en la UPB para la aprensión de conceptos tridimensionales?

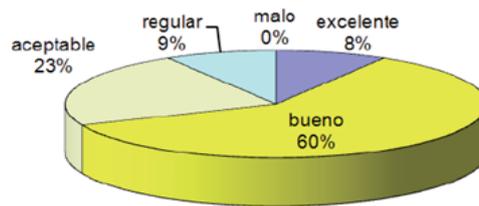


Gráfico 7. Resultados sobre la relevancia de la metodología tradicional de la enseñanza de la geometría descriptiva
Fuente: Autor.

¿Cuáles de las siguientes causas son originadas por la enseñanza tradicional de la Geometría Descriptiva?

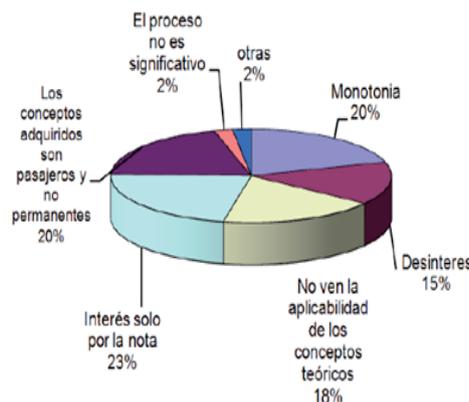


Gráfico 8: Resultados sobre las consecuencias del uso de la metodología tradicional
Fuente: Autor.

El gráfico 9 muestra los resultados de la autoevaluación final de la metodología implementada, donde se observa que el 68% de los estudiantes afirmaron que el uso de un paquete CAD en la visualización de

los diferentes componentes espaciales en geometría descriptiva se hace comprensible y aplicable al campo de la ingeniería.



Gráfico 9. resultados de la encuesta de satisfacción con el uso de software CAD en la enseñanza de la geometría descriptiva
Fuente: Autor.

A partir de la incorporación del *software* CAD dentro de la enseñanza de la geometría descriptiva, el Departamento de Registro y Control de la UPB – Bucaramanga evidenció que, entre 2009 y 2011, la deserción académica disminuyó un 14% y la pérdida en la materia geometría descriptiva en un 23%. Los estudiantes han mejorado la comprensión de la situación espacial de los diversos elementos presentes en un objeto tridimensional propio de su quehacer profesional.

Conclusiones

La deficiencia de formación en dibujo técnico en los colegios hace que el estudiante de ingeniería presente grandes falencias en la relación espacial de los objetos con su entorno, ya que no desarrolla la inteligencia espacial en el proceso interpretativo de los objetos en relación con el ambiente que los rodea.

La interpretación tridimensional en un ambiente bidimensional se debe presentar a partir de un correcto manejo e interpretación de las dimensiones y los objetos en el espacio.

Los *software* CAD posibilitan una mejor interpretación espacial y bidimensional de los objetos, piezas, sistemas y máquinas presentes en su desarrollo instruccional; permiten, de forma dinámica e interactiva, la manipulación de los mismos para clarificar sus características espaciales y dimensionales.

En la actualidad los *software* CAD facilitan una interacción total con el elemento diseñado u observado; añaden simulación en interpretación de materiales y propiedades físicas, así como la representación para procesos constructivos integrando elementos de CAE y CAM.

Recomendaciones

Continuar la aplicación de la metodología, incorporando un seguimiento detallado de los progresos de los estudiantes en cada una de las temáticas abordadas de manera individual, que permita determinar en cuales se realiza un mayor aprendizaje significativo mediante la metodología aplicada.

Articular la metodología con la incorporación de Tecnología de la Información y la Comunicación

(TIC); que permita potenciar el impacto esperado mediante el aprovechamiento de tecnológico de herramientas informáticas como las simulaciones, video clips, tutoriales, entre otras.

Potenciar la metodología, mediante el planteamiento de estudios de caso particulares, aplicados a los saberes propios de cada una de las ingenierías ofertadas por la UPB Bucaramanga, para que mediante la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas, ABP; resulte un aprendizaje más provechoso para los estudiantes.

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a los docentes del área de dibujo de ingenierías que posibilitaron la realización de la experiencia en sus grupos. A su vez, expresa su gratitud al director de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Todos los anteriores están adscritos a la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga.

Bibliografía

Biography of a Luminary - Dr. Ivan E. Sutherland. Recuperado el 21 de noviembre 2011 de http://www.cc.gatech.edu/classes/cs6751_97_fall/projects/abowd_team/ivan/ivan.html

CAD software history. Recuperado el 22 de noviembre 2011 de: <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>

Gardner, H. (1996). Estructuras de la mente. México: Fondo de Cultura Económica

Guerrero, Francisco – Inteligencias Múltiples. Universidad Católica del Este. Rep. Dominicana. Recuperado el 20 de noviembre 2011 de: <http://www.inslujan.edu.ar/Docentes/Capacit/INTELIGMULTIPLES.pdf>

Hernández Antonio. Monge. Libertad, igualdad, fraternidad y geometría. Recuperado el 30 de noviembre 2011 de: <http://www.torresaza.com/geomdesc/monge.htm>.

La visión del niño desde sus dimensiones de desarrollo. Dimensión corporal. EN: Serie lineamientos curriculares – Preescolar. Recuperado el 30 de noviembre 2011 de: <http://menweb.mineducacion.gov.co/lineamientos/preescolar/desarrollo.asp?id=14>

Sanjay Sharma. Course notes – Engineering Drawing and CAD. University of Plymouth. England. 2005 The CAD/CAM Hall of Fame, Recuperado el 21 de noviembre 2011 de: <http://www.americanmachinist.com/304/Issue/Article/False/9168/Issue>

Sobre el autor

Juan Manuel Argüello Espinosa

Diseñador Industrial, UIS – 2000. Especialista en Docencia Universitaria, UIS – 2003. Magister en e-learning, UNAB – UOC – 2009. Docente Asociado

– Facultad de Ingeniería Mecánica – Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga.
juan.arguello@upb.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.